



(10) **DE 10 2016 100 620 A1** 2017.06.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 100 620.3**

(22) Anmeldetag: **15.01.2016**

(43) Offenlegungstag: **29.06.2017**

(51) Int Cl.: **B01J 19/00 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2015 122 711.8 23.12.2015

(71) Anmelder:

Ledwon, Anton, 53842 Troisdorf, DE

(74) Vertreter:

**Wagner Albiger & Partner Patentanwälte mbB,
53225 Bonn, DE**

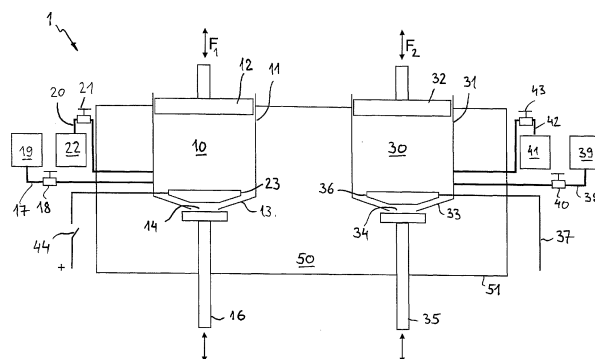
(72) Erfinder:

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Regelung einer chemischen Reaktion**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer chemischen Reaktion, welche ein Produkt erzeugt, wobei wenigstens ein Edukt, das in einer flüssigen Phase vorliegt, einer Druckänderung unterworfen wird. Erfindungsgemäß entspricht ein Minimalwert des Drucks höchstens 105%, bevorzugt höchstens 103%, besonders bevorzugt höchstens 101% einen Kavitationsdruck des Edukts, ohne dass es zur Kavitation des Edukts kommt. Durch die Erfindung wird ein Verfahren zugänglich, welches durch eine Reaktionsführung nahe am Kavitationspunkt eine verstärkte, kinetische Kontrolle, bevorzugt unterstützt durch passende Frequenzen, elektrische Felder und/oder Ströme, bereitstellt. Kinetisch kontrollierte Produkte, welche als metastabile, reaktive Verbindungen deutlich wertvoller und vielseitig verwendbarer sind, werden so mit besserer Ausbeute bei geringeren Kosten zugänglich. Insbesondere Treibstoffe lassen sich so kostengünstig veredeln.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer chemischen Reaktion gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs. Das Regeln chemischer Reaktionen ist grundsätzlich bekannt. Der vorliegend beanspruchte Gegenstand ist dabei im Bereich der Synthese-Reaktionen angeordnet, welche das Erzeugen eines benötigten Produkts anstreben.

[0002] In diesem allgemeinen, technischen Bereich ist zum Beispiel die DE 1 964 916 A angesiedelt, welche die Reformierung von Kohlenwasserstoffen beschreibt. Hierbei wird ein Gasgemisch anteilig verbrannt und die anfallende Abwärme zur parallelen, thermischen Zerlegung des Gasgemisches bei extrem hohem Druck verwendet. Eine Regelung der Reaktionsdrücke und der Gaszusammensetzung bewirkt hier die Regelung der chemischen Reaktion. Gleichsinig beschreibt die DE 2 109 027 A einen Katalysator-Träger, dessen Eigenschaften so eingestellt werden, dass eine Reaktion auf dem Träger in der gewünschten Art und Weise ablaufen kann.

[0003] Der allgemeine, technische Bereich behandelt hier jedoch keine Systeme, in denen es zu einer Kavitation einer flüssigen Phase kommen könnte. Auf diesen Bereich ist der vorliegend beanspruchte Gegenstand konkret ausgerichtet.

[0004] Gattungsgemäße Verfahren betreffen Reaktionsmischungen, welche zumindest anteilig während der Reaktion einer Kavitation mindestens einer flüssigen Phase unterliegen können.

[0005] Hierzu offenbart zum Beispiel die US 4 127 332 A ein Verfahren und eine Vorrichtung, bei denen ein mehrkomponentiger Strom von teils flüssigen Phasen einer starken Druckänderung und begleitender Kavitation unterworfen, zur Reaktion gebracht und homogenisiert wird. Kavitation bringt aber eine extreme Energiespitze in eine Reaktion ein und kann die Ausbeuten dadurch verschlechtern. Entsprechend lehrt die DE 2 943 984 A, dass Kavitation innerhalb eines gepumpten Reaktionsgemisches durch passende Abmischungen und geregelte Fördervolumina sicher vermieden werden sollte. Andererseits findet sich die Lehre, dass bestimmte Reaktionen nur möglich sind, wenn eine Kavitation zuverlässig und sicher gegeben ist – so zum Beispiel in der DE 4 016 076 A. Ergänzend lehrt die DE 10 2008 030 035 A1, dass eine kavitative Erosion vermieden und Kavitation sinnvoll genutzt werden kann, wenn bestimmte Kristalle in einer Reaktionsmischung vorhanden sind.

[0006] Nachteilig ist bei den bekannten Verfahren, dass diese entweder Kavitation sicher ausschließen oder aber sicher gewährleisten müssen. Dadurch

werden bestimmte, metastabile Verbindungen nicht oder nur mit schlechter Ausbeute zugänglich.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein Verfahren bereitzustellen, welches trotz einer Reaktionsführung, welche Kavitationseffekte umfasst, präzise Synthesewege und verbesserte Ausbeuten – insbesondere für metastabile Verbindungen – bereitzustellen vermag.

[0008] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt gemäß der Merkmale des unabhängigen Anspruchs. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0009] Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Regelung einer chemischen Reaktion vorgeschlagen, welche ein Produkt erzeugt, wobei wenigstens ein in flüssiger Phase flüssiges Edukt oder eine mehrkomponentige Reaktionsmischung, welche mehrere Edukte umfasst, von denen mindestens eins in flüssiger Phase vorliegt, einer Druckänderung unterworfen wird, wobei ein Minimalwert des Drucks höchstens 105%, bevorzugt höchstens 103%, besonders bevorzugt höchstens 101% einem Kavitationsdruck des wenigstens einen Edukts entspricht, ohne dass es zur Kavitation des Edukts kommt.

[0010] Der Kavitationsdruck soll dabei der Druck sein, bei dem das Edukt in die Dampfphase übergeht (Dampfdruck). Bei mehreren Edukten ist der Kavitationsdruck der Druck, bei dem in einem der Edukte als erstes sich kleine Dampfblasen bilden, die implodieren, wenn der Druck der Reaktionsmischung wieder ansteigt. Die zerplatzenden Dampfblasen führen zu unerwünschten Druckspitzen. Das Entstehen und das Implodieren von Dampfblasen führen jedoch zu einer Wärmeentwicklung bzw. zu einer Energieentwertung, die erfindungsgemäß nicht gewünscht ist und praktisch ausgeschlossen sein soll. Der Dampfdruck der flüssigen Phase kann dabei von dem Dampfdruck des Reaktionsgemisches abweichen, selbst wenn diese flüssige Phase die einzige flüssige Phase in diesem Reaktionsgemisch ist.

[0011] Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass ein Reaktionsgemisch mit mehreren Komponenten vorliegt, aus dem durch chemische Reaktion das Produkt entstehen soll. Die Erfindung umfasst aber auch die chemische Umwandlung nur eines Edukts in das gewünschte Produkt. Beispielsweise kann aus Wasser Wasserstoff gewonnen werden. Die untenstehenden Ausführungen zum Reaktionsgemisch sollen auch sinngemäß gelten für einen chemischen Prozess mit nur einem Edukt oder Ausgangsstoff.

[0012] Es wurde erstmals festgestellt, dass nahe zum Kavitationsdruck ein sprunghafter Anstieg von

Ausbeuten/Reaktionsgeschwindigkeiten bewirkt werden kann. Wesentlich ist, dass keine Kavitation stattfindet, bei der durch Druck-Volumen-Arbeit Energie in Form von Wärme im Gemisch freigesetzt wird. Je näher der Minimalwert des während der Reaktion zu regelnden Drucks an den Kavitationsdruck geführt wird, desto größer ist die Ausbeute des gewünschten Produkts. In einem Ausführungsbeispiel beträgt der Minimalwert lediglich 100,5 oder 100,3%, d. h. der Druck entspricht praktisch dem Kavitationsdruck, ohne Letztgenannten aber zu erreichen.

[0013] Es wird davon ausgegangen, dass in der Nähe des Kavitationsdrucks eine sprunghaft ansteigende, kinetische Kontrolle der Reaktion zugänglich wird: Bestimmte Reaktionspfade sind dann erheblich schneller und erlauben eine kinetisch bedingte, wirksame Steigerung der Ausbeuten an bestimmten, metastabilen Reaktionsprodukten. Sobald es zur Kavitation und der damit verbundenen Erwärmung der Mischung kommt, bricht dieser Effekt zusammen und es entstehen viel mehr Produkte, welche thermodynamisch gesehen die stabileren Verbindungen darstellen. Mithin erlaubt das vorgeschlagene Verfahren metastabiler, reaktiver Verbindungen, welche nach dem Stand der Technik bis jetzt nicht in den entsprechenden Ausbeuten bereitgestellt werden konnten.

[0014] Ein Druckunterschied zwischen dem Minimalwert und dem Kavitationsdruck kann kleiner als 20 mbar sein. In einem Ausführungsbeispiel liegt der Druckunterschied zwischen 4 und 15 mbar. Die kleinen Druckunterschiede machen eine exakte Führung oder Regelung des Drucks des Reaktionsgemisches erforderlich.

[0015] In einem Ausführungsbeispiel wird der Druck von einem Startwert auf den Minimalwert reduziert und danach auf einen Zielwert erhöht, der im Wesentlichen dem Startwert entsprechen kann. Beispielsweise kann der Startwert dem Umgebungsdruck von ca. 1000 mbar entsprechen. Der Startwert kann aber auch deutlich über dem Umgebungsdruck liegen, beispielsweise 2 bis 10 bar. Der Kavitationsdruck und damit der Minimalwert, der in unmittelbarer Nähe dazu liegt, hängen von der Temperatur des Reaktionsgemisches und den Anteilen der einzelnen Komponenten des Reaktionsgemisches ab. Darüber hinaus hängt der Kavitationsdruck noch von weiteren externen Faktoren ab.

[0016] Zur Veranschaulichung der in Anspruch 1 genannten Prozentzahlen wird von einem exemplarischen Ausführungsbeispiel ausgegangen, bei dem der Kavitationsdruck bei 350 mbar liegen soll. Ausgehend von einem Startwert von ca. 1 bar oder 1000 mbar wird der Druck für die chemische Reaktion bis auf 355 mbar reduziert und danach wieder erhöht. Der Minimalwert des Drucks entspricht dabei 355 mbar und liegt somit 5 mbar über dem Kavitati-

onsdruck. Prozentual beträgt der Minimaldruck 101,43% (355/350). Entspricht der Minimaldruck nur 352 mbar (in diesem Fall wird der Druck noch näher an den Kavitationsdruck herangeführt), dann würde sich ein Wert von 100,57% (352/350) bezogen auf den Kavitationsdruck ergeben. Der Minimalwert von 100,57% liegt dabei unter 101%, dh. im letztgenannten Beispiel wäre die Bedingung erfüllt, dass der Minimalwert höchstens 101% des Kavitationsdrucks entspricht.

[0017] Die Zeit zur Reduzierung des Drucks vom Startwert bis zum Minimalwert kann kleiner sein als die Zeit zur Erhöhung des Drucks vom Minimalwert auf den Zielwert. Auch kann vorgesehen sein, dass in einer ersten Phase der Druck reduziert, in einer zweiten Phase der Druck im Wesentlichen in der Nähe des Kavitationsdrucks gehalten und in einer dritten Phase der Druck wieder erhöht wird bzw. das Reaktionsgemisch in geregelter Weise wieder entspannt wird. Eine solche Reaktionsführung kann durch eine absteigende Rampe, ein unteres Niveau und eine aufsteigende Rampe beschrieben werden. Eine andere Reaktionsführung sieht vor, dass die zweite Phase praktisch nicht vorhanden ist. Hier würde nach Erreichen des Minimaldrucks sofort mit der Entspannung des Systems begonnen, so dass die von der Zeit abhängige Druckkurve einen singulären Tiefpunkt aufweist.

[0018] Das Reaktionsgemisch kann durch geeignete Mittel in Schwingung versetzt werden. Dies kann beispielsweise durch mechanische Vibrationen, durch Schallwellen oder durch elektromagnetische Wellen erfolgen. Die Frequenz der Impulse ist von dem Reaktionsgemisch und dem angestrebten Produkt abhängig. Die Amplitude der Impulse ist so zu bemessen, dass kein Kavitationseffekt auftritt. Die Form und Art der Impulse kann verschieden sein. Beispielsweise kann es sich um ein Sägezahnprofil, eine sinusförmige oder rechteckige Schwingung handeln, die von außen an das Reaktionsgemisch angelegt wird.

[0019] Die chemische Reaktion kann in einer Reaktionskammer herbeigeführt werden, wobei ein Volumen der Reaktionskammer variiert wird. Für die Variation des Volumens kann ein beweglicher Kolben eingesetzt werden. Dies führt dazu, dass beispielsweise bei einer Volumenvergrößerung der Druck in der gesamten Reaktionskammer reduziert wird. Durch die Kolbenbewegung wird keine oder praktisch keine kinetische Energie in das Reaktionsgemisch eingebracht, durch die es zu nennenswerten Strömungen oder Bewegungen in der Reaktionskammer kommt. Die Reaktion findet somit ohne (makroskopische) Bewegung des Reaktionsgemisches bzw. seiner Komponenten statt. Ein anderes Mittel zur Variation des Volumens stellt eine Membran dar, die die Reaktionskammer begrenzt und sich nach innen oder außen verformen kann. Auch kann der Druck in einer

Reaktionskammer durch ein Zu- oder Abpumpen eines Teils der Reaktionsmischung variiert werden.

[0020] Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass Reaktionsgemisch durch eine Anlage mit strömungsbeschleunigenden Mitteln wie beispielsweise eine Düse strömen zu lassen, um so den statischen Druck des Reaktionsgemisches in die Nähe des Kavitationsdrucks zu bringen. Aber auch hier bedarf es zwecks hoher Ausbeute des Produkts einer genauen Führung des (statischen) Drucks, da nach dem Passieren der Düse das Reaktionsgemisch nicht zu schnell an Geschwindigkeit verlieren darf, was mit einer zu schnellen Druckerhöhung verbunden wäre.

[0021] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Reaktionsgemisch zum Teil in gefrorener Form (im Folgenden vereinfacht Eis genannt) in die Reaktionskammer zu geben und die Reaktionskammer nach vorzugsweise vollständiger Befüllung zu verschließen. Das Schmelzen des Eis führt in der Reaktionskammer zu einem Unterdruck, wobei das Schmelzen mit einem zusätzlichen Wärmeeintrag von außen beschleunigt werden kann. Es ist aber auch möglich, dass Eis bei Raumtemperatur (zum Beispiel 20°C) ohne gesonderte Wärmequelle schmelzen zu lassen. Über die Temperaturführung, die Menge an Eis im Verhältnis zur Gesamtmenge des Reaktionsgemisches kann der zeitliche Verlauf und die Höhe des Unterdrucks vorbestimmt werden. Dadurch kann Einfluss auf das zu erzeugende Produkt genommen werden. Diese Möglichkeit ist besonders geeignet zur Herstellung von Aminosäuren und Vitamin B.

[0022] Das Verfahren kann als diskontinuierlicher Prozess ausgebildet sein. Dabei wird eine begrenzte Menge des Reaktionsgemisches oder begrenzte Mengen der einzelnen Komponenten als Ganzes dem System zugeführt und ihm als Ganzes nach Abschluss des Verfahrens entnommen. Beispielsweise können bei dem Ausführungsbeispiel, bei dem die Bewegung des Kolben zu einer Volumenänderung der Reaktionskammer führt, durch den Kolben vor der chemischen Reaktion die Komponenten in die Reaktionskammer gezogen und durch den Kolben nach erfolgter Reaktion das Produkt aus der Reaktionskammer gedrückt werden. Dies kann dann für eine jede weitere Charge wiederholt werden. Auch ist es möglich, dass durch externe Fördermittel wie Pumpen die Mengen chargenweise dem System zugeführt und nach der Reaktion wieder entzogen werden.

[0023] Alternativ dazu kann das erfindungsgemäße Verfahren auch als kontinuierlicher Prozess ausgebildet sein. Dabei kann das Reaktionsgemisch kontinuierlich durch die oben erwähnte Anlage mit den strömungsbeschleunigenden Mitteln geleitet werden.

[0024] In einem Ausführungsbeispiel wird der Kavitationsdruck der Reaktionsmischung in zeitlichen Ab-

ständen immer wieder neu ermittelt. Beispielsweise können die Abstände kleiner als 30 Minuten sein, vorzugsweise kleiner als 10 min oder gar 30 Sekunden sein. Da erfindungsgemäß der Minimalwert des Drucks der Reaktionsmischung sehr nahe an den Kavitationsdruck herangeführt werden soll, diesen aber nicht unterschreiten soll, ist die genaue Kenntnis des Kavitationsdrucks wichtig. Es hat sich bei der Erfindung herausgestellt, dass bei ansonsten gleichen Zustandsgrößen des Reaktionsgemisches (Zusammensetzung der einzelnen Komponenten, Temperatur, Durchmischungsgrad) der Kavitationsdruck zeitlichen Schwankungen unterliegt. Daher ist es sehr hilfreich, den zu regelnden Minimalwert des Drucks nicht nur von den Zustandsgrößen des Reaktionsgemisches abhängig zu machen, sondern von dem zeitnah ermittelten Kavitationsdruck. Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung des Kavitationsdrucks durch Messung. Beispielsweise kann jede x-te Charge (zum Beispiel 5-te, 10-te oder jede 100-te) beim Ausführungsbeispiel mit dem Kolben dafür verwendet werden, den Kavitationsdruck zu messen. Dabei wird der Drucks soweit reduziert und wieder leicht angehoben, bis die Kavitation durch Druckspitzen oder andere Phänomene erfasst werden kann. Der entsprechende Druckwert kann dann für die weiteren Chargen für die Ermittlung des Minimalwerts des Drucks verwendet werden.

[0025] In einem Ausführungsbeispiel wird der Kavitationsdruck kontinuierlich ermittelt, was insbesondere bei einem kontinuierlichen Verfahren vorteilhaft ist. Somit liegt immer ein aktueller Wert für den Druck des Reaktionsgemisches vor, bei dem es zu Dampfblasen kommt, deren Entstehung erfindungsgemäß nicht erwünscht ist.

[0026] Der Minimalwert des Drucks und/oder der zeitliche Verlauf des Drucks des Reaktionsgemisches kann in Abhängigkeit des ermittelten Kavitationsdrucks geregelt werden. Die Ermittlung des Kavitationsdrucks erfolgt zweckmäßig so, dass bei der eigentlichen chemischen Umwandlung der Kavitationsdruck nicht erreicht wird. In einem kontinuierlichen Prozess könnte daher die Ermittlung des Kavitationsdrucks innerhalb eines Bypasses stattfinden, der parallel zum Hauptpfad des Prozesses geschaltet ist und in dem über eine gesonderte Führung der Druck soweit reduziert wird, bis der Kavitationsdruck in der Tat erreicht und/oder unterschritten wird. Die daraus ableitbaren Ergebnisse können dann direkt bei der Prozessführung im Hauptpfad verwendet werden.

[0027] Um das oben bereits erwähnte Beispiel aufzugreifen, bei dem der Kavitationsdruck (in erster Messung) bei 350 mbar liegt, könnte somit der Minimalwert des Drucks auf 353 mbar geregelt werden, wobei dann eine absolute Differenz von 3 mbar gegeben wäre. Die Regelung des Minimalwerts kann beispielsweise durch die Ansteuerung von Ventilen, von

Kolben etc. erfolgen. Ergibt eine neue Messung, dass der Kavitationsdruck aufgrund diverser Einflussgrößen, die im Einzelnen nicht alle bekannt sein müssen, nun auf 347 mbar abgefallen ist, kann der Minimalwert entsprechend nachgeführt und beispielsweise ebenfalls um 3 mbar abgesenkt werden. Wird hingegen ein Kavitationsdruck von 355 mbar ermittelt, kann der Minimaldruck auf mindestens 356 mbar oder, um weiterhin eine absolute Differenz von 3 mbar sicher zu stellen, auf 358 mbar eingestellt werden.

[0028] Begleitend zur Reaktion können ein elektrochemisches Potential und/oder ein elektrischer Strom/Spannung in der Reaktionsmischung angelegt sein. Insbesondere Moleküle mit Dipolmoment und/oder dauerhafter Ladung können so ausgerichtet, ggf. in Ketten oder Barrieren angeordnet und sterisch vorteilhaft für eine Reaktion geöffnet und/oder flächig bereitgestellt werden.

[0029] In einem Ausführungsbeispiel erfolgt die Druckregelung begleitend zu mindestens einer, bevorzugt mehrerer aufeinanderfolgender, Molekül- und/oder Atom-Übertragung zwischen Komponenten im Reaktionsgemisch.

[0030] Bevorzugt ist das Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionsmischung mindestens eine Komponente aufweist, welche ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Feststoff, nanoskaliger Feststoff, nanoskaliges Silizium, Metallhydroxid, Metallverbindung, Halbmetallverbindung, Eis, keramikgetragener Katalysator, nanoskaliger Katalysator, Kohlendioxid, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Wasser, Schwefelkohlenstoff, Kohlenmonoxid, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Generator-Gas, Helium, Argon, Neon, Schweißgas, Moleküle und/oder Verbindungen mit Dipolmoment, ionische Verbindungen, Salze.

[0031] Die Reaktionsmischung kann als flüssige Phase mindestens eine flüssige Komponente aufweisen, welche ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Wasser, Kohlendioxid, Kohlenwasserstoff, langkettiger Kohlenwasserstoff, Polyol, Fett, Fettsäure, Eiweiß, Zucker, Zucker, Ester, Aminosäure, Vitamin, Moleküle und/oder Verbindungen mit Dipolmoment, ionische Verbindungen, Salze.

[0032] Das Produkt kann mindestens ein Produkt ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Kohlenwasserstoff, Aminosäure, Eiweiß, Peptid, Glycerin, Fettsäure, Fett, Zucker, Alkohol, Vitamin, Ammoniak, nanoskalige Feststoffe, nanoskaliges Silizium, Leichtbenzin, Kohlenwasserstoff mit gekürzter Kettenlänge, hydrierter Kohlenwasserstoff, Moleküle und/oder Verbindungen mit Dipolmoment, ionische Verbindungen, Salze.

[0033] Anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele soll die Erfindung näher erläutert werden. Es zeigen:

[0034] Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0035] Fig. 2 einen Verlauf der Kraft, die an einem Kolben zur Volumenänderung einer Reaktionskammer anliegt.

[0036] Fig. 3 schematisch eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0037] Fig. 4 schematisch eine weitere Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0038] Fig. 1 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung ist in ihrer Gesamtheit mit **1** bezeichnet. Die Vorrichtung **1** umfasst eine erste Reaktionskammer **10**, die durch einen Zylinder **11** und einen entlang der Mittelachse des Zylinders **11** verfahrbaren Kolben **12** begrenzt ist. An einem stirnseitigen Ende **13** weist der Zylinder **11** eine Öffnung **14** auf, die sich durch ein erstes Hauptventil **16** schließen lässt.

[0039] Über eine Zuleitung **17**, welche über ein Ventil **18** sich öffnen und schließen lässt, kann die erste Reaktionskammer **10** mit einer ersten Komponente eines Reaktionsgemisches befüllt werden. Die erste Komponente befindet sich dabei in einem Behälter **19**. Diese erste Komponente soll hier Pflanzenöl sein.

[0040] Eine weitere Zuleitung **20**, welche sich durch das Ventil **21** öffnen und schließen lässt, verbindet die erste Reaktionskammer **10** mit einem weiteren Behälter **22**. Der Behälter **22** soll zur Aufnahme eines Produkts dienen, dass durch eine chemische Reaktion in der ersten Reaktionskammer **10** entsteht.

[0041] In der Nähe des stirnseitigen Endes **13** des Zylinders **11** ist in der Reaktionskammer **10** eine Anode **23** angeordnet. Die Anode **23** dient dazu, an das in der ersten Reaktionskammer **10** befindliche Reaktionsgemisch ein elektrisches Potenzial anzulegen.

[0042] Die Vorrichtung **1** weist des Weiteren eine zweite Reaktionskammer **30** auf, die im Wesentlichen gleich aufgebaut ist wie die erste Reaktionskammer **10**. Auch hier wird die Reaktionskammer **30** durch eine zylinderförmige Kammerwand bzw. Zylinder **31** und einen verfahrbaren Kolben **32** begrenzt. An einem stirnseitigen Ende **33** der zylinderförmigen Wandlung **31** bzw. des Zylinders **31** ist eine Öffnung **34** vorgesehen, die sich durch ein zweites Hauptventil **35** schließen lässt. In der zweiten Reaktionskam-

mer **30** ist eine Kathode **36** angeordnet, die über einen Stromkreis **37** und einer hier nicht dargestellten Spannungsquelle mit der Anode **23** in der ersten Reaktionskammer **10** verbunden ist.

[0043] Zur Befüllung der zweiten Reaktionskammer **30** ist eine Zuleitung **38** vorgesehen, die einen Behälter **39** mit der zweiten Reaktionskammer **30** verbindet. Durch ein Ventil **40** lässt sich die Zuleitung **38** öffnen und schließen. Ein weiterer Behälter **41** ist vorgesehen, der zur Aufnahme eines Produkts dient, dass durch eine Reaktion in der zweiten Reaktionskammer **30** entsteht. Der Behälter **41** ist über eine Zuleitung **42**, die sich über ein Ventil **43** öffnen und schließen lässt, mit der zweiten Reaktionskammer **30** verbunden.

[0044] Wenn das erste Hauptventil **16** und das zweite Hauptventil **35** geöffnet ist, sind die erste Reaktionskammer **10** und die zweite Reaktionskammer **30** über eine Verbindungskammer **50** fluidtechnisch miteinander verbunden. In der Verbindungskammer **50**, die durch einen abgeschlossenen Behälter **51** begrenzt sein soll, befindet sich in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung Wasser, dessen Leitfähigkeit durch einen Zusatz wie beispielsweise Salz erhöht werden kann. Bei geöffneten Hauptventilen **16**, **35** besteht somit ein geschlossener Stromkreis zwischen der Anode **23** und der Kathode **36** aufgrund dem in der Verbindungskammer **50** befindliche leitfähige Wasser.

[0045] Zum Befüllen der ersten Reaktionskammer **10** wird das Ventil **18** geöffnet, sodass das Pflanzenöl, dass hier die erste Komponente des Reaktionsgemisches darstellen soll, aus dem Behälter **19** durch die Zuleitung **17** in die Reaktionskammer **10** fließen kann. Dies kann durch eine hier nicht dargestellte Pumpe und/oder durch den Kolben **12** erfolgen, der von einem unteren Totpunkt beginnend das Pflanzenöl durch eine in der Darstellung der **Fig. 1** nach oben gerichtete Bewegung in die erste Reaktionskammer **10** saugt. Über die Stellung des ersten Hauptventils **16** lässt sich die Menge an Wasser einstellen, die von der Verbindungskammer **50** in die erste Reaktionskammer **10** fließt, wenn der Kolben **12** sich nach oben bewegt und in der Reaktionskammer einen Unterdruck erzeugt. Wasser bildet somit in diesem Ausführungsbeispiel eine zweite Komponente für das Reaktionsgemisch, aus dem in der ersten Reaktionskammer **10** ein gewünschtes Produkt entstehen soll.

[0046] Damit die Verbindungskammer **50** mit Wasser vorzugsweise vollständig gefüllt bleibt, ist das Ventil **40** geöffnet, sodass durch die Zuleitung **38** Wasser, welches sich in dem Behälter **39** befinden soll, über die zweite Reaktionskammer **30** in die Verbindungskammer **50** nachschließen kann. Es ist auch möglich, dass eine hier nicht dargestellte Pumpe

Wasser aus dem Behälter **39** durch die Zuleitung **38** in die zweite Reaktionskammer **30** drückt, sodass dieses Wasser über das geöffnete zweite Hauptventil **35** in die Verbindungskammer **50** gelangt.

[0047] Nach dem Befüllen der beiden Reaktionskammer **10**, **30** befindet sich somit in der ersten Reaktionskammer **10** ein Gemisch, welches Pflanzenöl und Wasser umfasst. In der zweiten Reaktionskammer befindet sich Wasser. Sowohl die Verbindungskammer **50** als auch die beiden Reaktionskammer **10**, **30** sollen zweckmäßig vollständig mit der Reaktionsmischung bzw. dem Wasser befüllt sein. Die Hauptventile **16**, **35** sind weiterhin geöffnet, damit der Stromkreis zwischen der Anode **23** und der Kathode **36** über das in der Verbindungskammer befindliche Wasser geschlossen ist. Das Volumen der ersten Reaktionskammer **10** und das Volumen der zweiten Reaktionskammer **30** wird nun dadurch erhöht, dass die Kolben **12**, **32** in der Darstellung der **Fig. 1** nach oben bewegt werden. Dafür wird jeweils eine Kraft F benötigt, wobei die an dem Kolben **12** angreifende Kraft F_1 genauso groß sein soll wie die an dem Kolben **32** angreifende Kraft F_2 . Bedingt durch die Gleichheit der Kräfte F_1 , F_2 kommt es praktisch zu keinem Austausch von Flüssigkeiten zwischen den Kammern **10**, **30**, **50**, wenn die Kolben **12**, **32** nach oben gezogen werden.

[0048] Durch die Volumenvergrößerung in der ersten Reaktionskammer **10** sinkt der Druck für das in der Reaktionskammer **10** befindliche Reaktionsgemisch. Der Druck wird über die geregelte Kraft F_1 bzw. F_2 so weit reduziert, dass ein Minimalwert des Drucks in der Reaktionskammer **10** nur wenige Millibar (beispielsweise 1 bis 8 mbar) über dem Kavitationsdruck des Reaktionsgemisches liegt. D. h., der Druck in der ersten Reaktionskammer **10** wird so weit reduziert, dass praktisch der Kavitationsdruck erreicht wird. Wichtig ist aber, dass der Minimalwert (Minimaldruck) nicht ganz den Kavitationsdruck erreicht, sodass eine Entstehung von Dampfblasen im Reaktionsgemisch und deren anschließenden Zerfall verhindert werden kann. Nach Erreichen des Minimalwerts wird der Kolben wieder zurückgefahren, so dass der Unterdruck in der Reaktionskammer **10** abgebaut wird.

[0049] In unmittelbarer Nähe zum Zeitpunkt, in dem der Minimalwert des Drucks in der ersten Reaktionskammer **10** erreicht wird, wird das erste Hauptventil **16** geschlossen. Das Schließen des ersten Hauptventils **16** kann dabei mit dem Zeitpunkt des Erreichens des Minimalwerts zusammenfallen oder davon um wenige Millisekunden (beispielsweise 0 bis 30 ms) abweichen. Durch das Schließen des ersten Hauptventils **16** wird auch der Stromkreis zwischen Anode **23** und Kathode **36** unterbrochen. Dies bedeutet, dass mit Erreichen des Minimaldrucks in der ersten Reaktionskammer **10** die Spannung zwischen

Anode **23** und Kathode **36** zusammenbricht. Es ist auch möglich, über einen Schalter **44** den Stromkreis zwischen Anode **23** und Kathode **36** zu öffnen.

[0050] Gleichzeitig zur Druckreduzierung in der ersten Reaktionskammer **10** wird auch im gleichen Umfang der Druck in der zweiten Reaktionskammer **30** reduziert. Auch hier wird ein Minimaldruck erreicht, der bedingt durch die geöffneten Hauptventile **16, 35** dem Minimaldruck in der ersten Reaktionskammer **10** entspricht. Vorzugsweise findet auch in der zweiten Reaktionskammer **30** keine Kavitation statt, wobei darauf hingewiesen wird, dass der Kavitationsdruck in der zweiten Reaktionskammer **30** nicht exakt dem Kavitationsdruck in der ersten Reaktionskammer **10** entsprechen muss. Dies liegt darin begründet, dass der Kavitationsdruck auch von der stofflichen Zusammensetzung abhängt (einerseits Reaktionsgemisch umfassend Wasser und Pflanzenöl, andererseits Wasser) unterschiedlich ist.

[0051] Nach erfolgter chemischer Reaktion in der ersten Reaktionskammer **10** befindet sich nun darin das Produkt, das gegenüber Pflanzenöl leichter brennbar ist. Durch den Kolben **12** und bei geschlossenem ersten Hauptventil **16** lässt sich die erste Reaktionskammer **10** vollständig entleeren, wobei dann das Produkt in den Behälter **22** gedrückt wird. Das dem Behälter **22** vorgeschaltete Ventil **21** ist dabei geöffnet, während das Ventil **18**, durch das sich der Behälter **19** mit dem darin befindlichen Wasser von der Reaktionskammer **10** trennen lässt, geschlossen ist. In ähnlicher Weise wird auch die zweite Reaktionskammer **30** geleert, wobei das nun darin befindliche Wasser mit Sauerstoff angereichert ist und in den Behälter **41** abgefüllt wird. Das dem Behälter **41** vorgeschaltete Ventil **43** ist dabei geöffnet, während das Ventil **40** geschlossen ist. Dem Entladevorgang kann sich nun wieder ein Befüllen der Reaktionskammer **10, 30** anschließen, wie es oben beschrieben ist.

[0052] Fig. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der Kraft F_1 , die an dem Kolben **12** der ersten Reaktionskammer **10** anliegt. Zum Zeitpunkt t_0 soll die Kraft F_1 gleich 0 sein. Dann wird an dem Kolben **12** gezogen, um das Volumen der ersten Reaktionskammer **10** zu erhöhen. Bis zum Zeitpunkt t_1 steigt die Kraft F_1 an, was zu einem immer kleiner werdenden Unterdruck in der ersten Reaktionskammer **10** führt. Im Zeitpunkt t_1 wird eine maximale Kraft F_{\max} erreicht, die mit einem minimalen Druck in der Reaktionskammer **10** verbunden ist. Würde die Kraft F_1 über den maximalen Wert F_{\max} weiter gesteigert werden, würde in der Reaktionskammer **10** der Unterdruck so groß, dass der Kavitationsdruck erreicht bzw. unterschritten wird. Dieser Kavitationsdruck in der Reaktionskammer **10** würde mit einer entsprechenden Kraft F_K am Kolben **12** verbunden sein.

[0053] Nachdem der Maximalwert F_{\max} für die an dem Kolben **12** angreifende Kraft F_1 erreicht ist bzw. wenn der Minimaldruck in der Reaktionskammer **10** erreicht ist, wird in dem Zeitraum zwischen t_1 und t_2 der Kolben **12** wieder langsam zurück gefahren. Das Reaktionsgemisch in der Reaktionskammer **10** bzw. das entstandene Produkt in der Reaktionskammer **10** wird durch den zurückfahrenden Kolben **12** wieder entspannt, bis es das Druckniveau erreicht, das zum Zeitpunkt t_0 Reaktionskammer **10** herrscht.

[0054] Der Verlauf der Kraft F_1 im Vergleich zu der gestrichelten Geraden zeigt, dass die Kraft F_1 exponentiell ansteigt bzw. dass die zweite Ableitung des Kurvenstücks zwischen t_0 und t_1 größer gleich 0 ist. Die zweite Ableitung des Kurvenstücks zwischen t_1 und t_2 hingegen ist negativ. Auch sei darauf hingewiesen, dass der Zeitraum zwischen t_1 und t_2 größer ist als der Zeitraum zwischen t_0 und t_1 . Dies bedeutet, dass die Entspannung nach Erreichen des Minimaldrucks mehr Zeit in Anspruch nimmt als die Phase davor.

[0055] Für den Verlauf der Kraft F_1 ist ein runder Ausschnitt X in Fig. 2 größer dargestellt. Im vergrößerten Ausschnitt X ist zum einen die Kraft F_1 und ein Schwingungs- oder Vibrationsverlauf V zu erkennen. Zusätzlich zur Druckreduzierung kann das Reaktionsgemisch bzw. das Edukt durch geeignete Mittel in Schwingung versetzt werden. Dies kann beispielsweise durch mechanische Vibrationen, durch Schallwellen oder durch elektromagnetische Wellen erfolgen. Zwischen den Zeitpunkten t_0 und t_1 können 2 bis 1000 Impulse in das System eingebracht werden. Die Frequenz der Impulse ist von dem Material bzw. der Materialzusammensetzung und dem angestrebten Produkt abhängig.

[0056] Insbesondere, wenn die Zeitdifferenz zwischen t_1 und t_0 klein ist, kann auf das Vorsehen des gesonderten Schwingungs- oder Vibrationsverlaufs V verzichtet werden. Die Amplitude ist so zu bemessen, dass kein Kavitationseffekt auftritt. Die Form und Art der Impulse kann verschieden sein. Beispielsweise kann es sich um ein Sägezahnprofil (wie in Fig. 2 schematisch dargestellt) handeln. Die Impulse können beliebig anders ausgebildet sein, beispielsweise sinusförmig oder rechteckig.

[0057] Fig. 3 zeigt schematisch eine Vorrichtung **101** zur kontinuierlichen Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung **101** umfasst eine Reaktionskammer **102** und eine erste Vorkammer **103** und eine zweite Vorkammer **104**. Die erste Vorkammer **103** weist einer Öffnung **105** auf, durch die eine unter Druck gesetzte Komponente des Reaktionsgemisches oder ein Teilstrom des Reaktionsgemisches in die erste Vorkammer **103** gelangt. Der entsprechende Durchfluss durch die Öffnung **105** ist durch den Pfeil **106** gekennzeichnet. Auch die zwei-

te Vorkammer **104** weist eine Öffnung **107** auf, durch die, dargestellt durch den Pfeil **108**, eine weitere Komponente des Reaktionsgemisches bzw. der anderer Teilstrom des Reaktionsgemisches in die zweite Vorkammer **104** gelangt.

[0058] Über eine erste Düsenvorrichtung **109** gelangt das in der ersten Vorkammer **103** befindliche Medium in die Reaktionskammer **102**. Über ein Ventil **110** lässt sich der Strömungswiderstand zwischen der ersten Vorkammer **103** und der Reaktionskammer **102** genau einstellen. Über eine zweite Düsenvorrichtung **111** gelangt das Reaktionsgemisch bzw. die Komponente der zweiten Vorkammer **104** in die Reaktionskammer **102**. Auch hier ist ein Ventil **112** vorgesehen, durch den der Strömungswiderstand bzw. der Durchfluss von der zweiten Vorkammer **104** in die Reaktionskammer **102** eingestellt werden kann.

[0059] Über einen Unterdruck, der in einem Abfluss **113** anliegt, wird der Reaktionskammer **102** das durch die chemische Reaktion entstandene Produkt entnommen. Der Abfluss **113** ist dabei über eine Öffnung **114** mit der Reaktionskammer **102** verbunden, wobei ein Ventil **115** diese Öffnung schließen und öffnen kann und dazu ausgelegt ist, den Strömungswiderstand zwischen Reaktionskammer **102** und Abfluss **113** einzustellen.

[0060] Die einzelnen Ventile **110**, **112** und **115** werden so geregelt, dass sich in der Reaktionskammer **102** ein Druck einstellt, der in unmittelbarer Nähe des Kavitationsdrucks liegt, diesen aber nicht nach unten unterschreitet.

[0061] Fig. 4 zeigt schematisch eine weitere Vorrichtung **201** mit einer mit dem Reaktionsgemisch gefüllten Kammer **202**, in der sich ein um eine Drehachse **203** drehbarer Kreisel **204** befindet. Über ein Ventil **206** lässt sich eine obere Öffnung **205** des Kreisels **204** schließen. Auch ist es über das Ventil **206** möglich, den Durchfluss bzw. den Strömungswiderstand durch die obere Öffnung **205** genau einzustellen. Wird nun der Kreisel **204** gemäß dem Pfeil **207** um die Drehachse **203** über einen nicht dargestellten Antrieb in Rotation versetzt, wird das im Kreiselinnenraum befindliche Medium durch die Fliehkraft durch die seitlichen Öffnungen **208** zurück in die Kammer **102** geschleudert. Dadurch entsteht im Innenraum des Kreisels ein Unterdruck, der mit Hilfe des Ventils **206** und der Drehzahl des Kreises **204** so eingestellt werden kann, dass dieser innerhalb des Innenraums zu der gewünschten chemischen Reaktion führt, ohne dass dabei der Kavitationsdruck unterschritten wird.

[0062] Nachteilig und problematisch für etablierte Reaktionsführungen ist, dass entweder Kavitation ausgeschlossen oder sichergestellt werden soll. Die

bei der Kavitation anfallende, überschüssige Energie wurde bis jetzt nicht als Problem erkannt, welches sinnvolle Kavitationseffekte schwächt und beeinträchtigt. Sinnvolle Kavitationseffekte sollen hier Effekte sein, die sich hinsichtlich der Ausbeute des Produkts in der Nähe des Kavitationsdrucks einstellen, ohne dass es aber zu der eigentlichen Kavitation kommt (Bildung von Dampfblasen und deren plötzlichen Zerfall).

[0063] Die Lösung des Problems wird erstmals durch ein Verfahren zugänglich, welches durch eine Reaktionsführung nahe am Kavitationspunkt eine verstärkte, kinetische Kontrolle, bevorzugt unterstützt durch elektrische Felder und/oder Ströme, bereitstellt. Kinetisch kontrollierte Produkte, welche als metastabile, reaktive Verbindungen deutlich wertvoller und vielseitig verwendbarer sind, werden so mit besserer Ausbeute bei geringeren Kosten zugänglich. Insbesondere Treibstoffe lassen sich so kostengünstig veredeln.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
10	Erste Reaktionskammer
11	Zylinder
12	Kolben
13	Ende
14	Öffnung
16	Erstes Hauptventil
17	Zuleitung
18	Ventil
19	Behälter
20	Zuleitung
21	Ventil
22	Behälter
23	Anode
30	Zweite Reaktionskammer
31	Zylinder
32	Kolben
33	Ende
34	Öffnung
35	Zweites Hauptventil
36	Kathode
37	Stromkreis
38	Zuleitung
39	Behälter
40	Ventil
41	Behälter
42	Zuleitung
43	Ventil
44	Schalter
50	Verbindungskammer
51	Behälter
101	Vorrichtung
102	Reaktionskammer
103	Erste Vorkammer
104	Zweite Vorkammer
105	Öffnung

106	Pfeil
107	Öffnung
108	Pfeil
109	Erste Düsenvorrichtung
110	Ventil
111	Zweite Düsenvorrichtung
112	Ventil
113	Abfluss
114	Öffnung
115	Ventil
201	Vorrichtung
202	Kammer
203	Drehachse
204	Kreisel
205	Obere Öffnung
206	Ventil
207	Pfeil
208	Öffnung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 1964916 A [0002]
- DE 2109027 A [0002]
- US 4127332 A [0005]
- DE 2943984 A [0005]
- DE 4016076 A [0005]
- DE 102008030035 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer chemischen Reaktion, welche ein Produkt erzeugt, wobei wenigstens ein Edukt, das in einer flüssigen Phase vorliegt, einer Druckänderung unterworfen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Minimalwert des Drucks höchstens 105%, bevorzugt höchstens 103%, besonders bevorzugt höchstens 101% einem Kavitationsdruck des Edukts entspricht, ohne dass es zur Kavitation des Edukts kommt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Druckunterschied zwischen dem Minimalwert des Drucks und dem Kavitationsdruck kleiner als 20 mbar ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druck von einem Startwert auf den Minimalwert reduziert und danach auf einen Zielwert erhöht wird, der im Wesentlichen dem Startwert entspricht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeit zur Reduzierung des Drucks vom Startwert zum Minimalwert kleiner ist als die Zeit zur Erhöhung des Drucks vom Minimalwert auf den Zielwert.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemische Reaktion in einer Reaktionskammer (10) herbeigeführt wird, wobei ein Volumen der Reaktionskammer variiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Variation des Volumens der Reaktionskammer ein Kolben (12) eingesetzt wird, durch den vor der chemischen Reaktion das Edukt in die Reaktionskammer (10) gezogen wird und nach der Reaktion durch den Kolben (12) das Produkt aus der Reaktionskammer (10) gedrückt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kavitationsdruck des Edukts in zeitlichen Abständen kleiner als 30 Minuten ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kavitationsdruck kontinuierlich ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Minimalwert des Drucks und/oder ein zeitlicher Verlauf des Drucks der chemischen Reaktion in Abhängigkeit des ermittelten Kavitationsdrucks geregelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass begleitend

zur Reaktion ein elektrochemisches Potential und/oder ein elektrischer Strom in der Reaktionsmischung angelegt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelung begleitend zu mindestens einer, bevorzugt mehrerer aufeinanderfolgender, Molekül- und/oder Atom-Übertragung zwischen Komponenten im Reaktionsgemisch erfolgt.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reaktionsmischung mindestens eine Komponente aufweist, welche ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Feststoff, nanoskaliger Feststoff, nanoskaliges Silizium, Metallhydroxid, Metallverbindung, Halbmetallverbindung, Eis, keramikgetragener Katalysator, nanoskaliger Katalysator, Kohlendioxid, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Wasser, Schwefelkohlenstoff, Kohlenmonoxid, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Generator-Gas, Helium, Argon, Neon, Schweißgas, Moleküle und/oder Verbindungen mit Dipolmoment, ionische Verbindungen, Salze.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reaktionsmischung als flüssige Phase mindestens eine flüssige Komponente aufweist, welche ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Wasser, Kohlendioxid, Kohlenwasserstoff, langkettiger Kohlenwasserstoff, Polyol, Fett, Fettsäure, Eiweiß, Zucker, Zucker, Ester, Aminosäure, Vitamin, Moleküle und/oder Verbindungen mit Dipolmoment, ionische Verbindungen, Salze.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Produkt mindestens ein Produkt ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kohlenwasserstoff, Aminosäure, Eiweiß, Peptid, Glycerin, Fettsäure, Fett, Zucker, Alkohol, Vitamin, Ammoniak, nanoskalige Feststoffe, nanoskaliges Silizium, Leichtbenzin, Kohlenwasserstoff mit gekürzter Kettenlänge, hydrierter Kohlenwasserstoff, Moleküle und/oder Verbindungen mit Dipolmoment, ionische Verbindungen, Salze.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

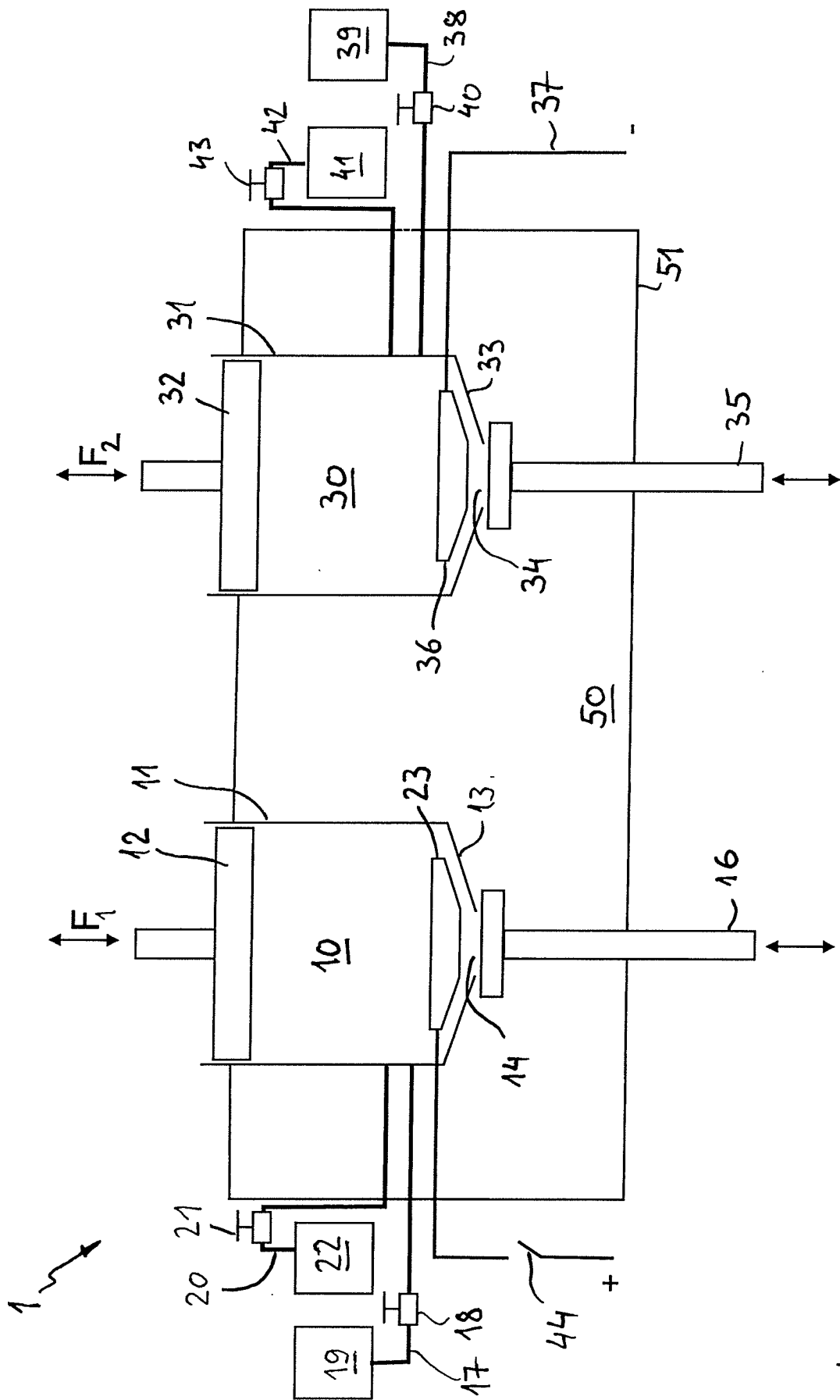


Fig. 1

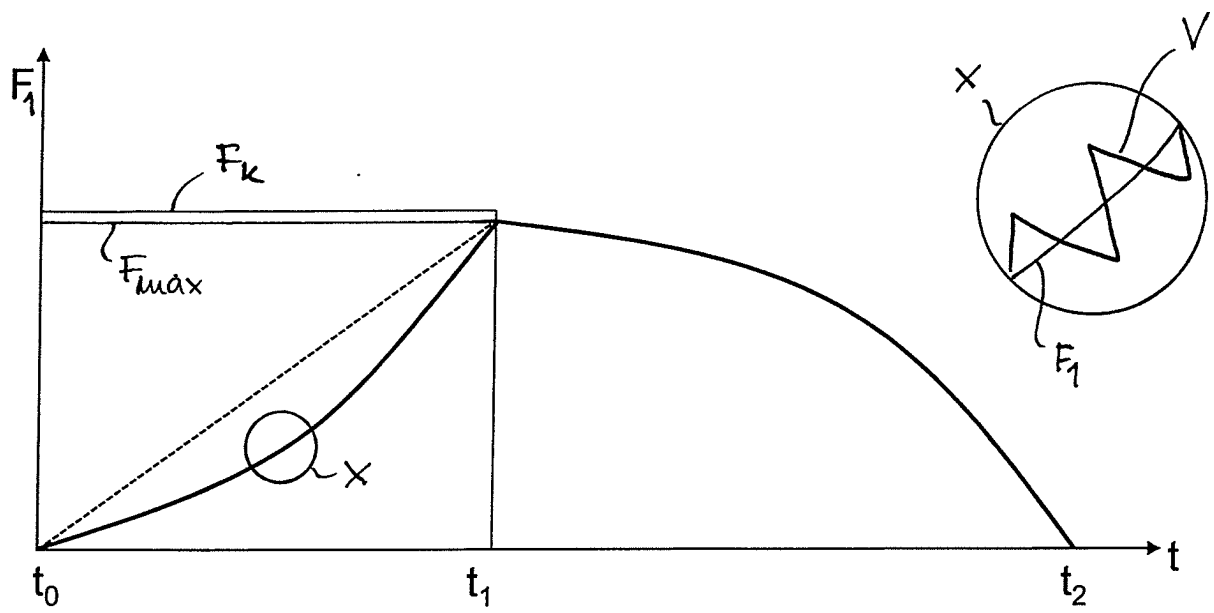


Fig. 2

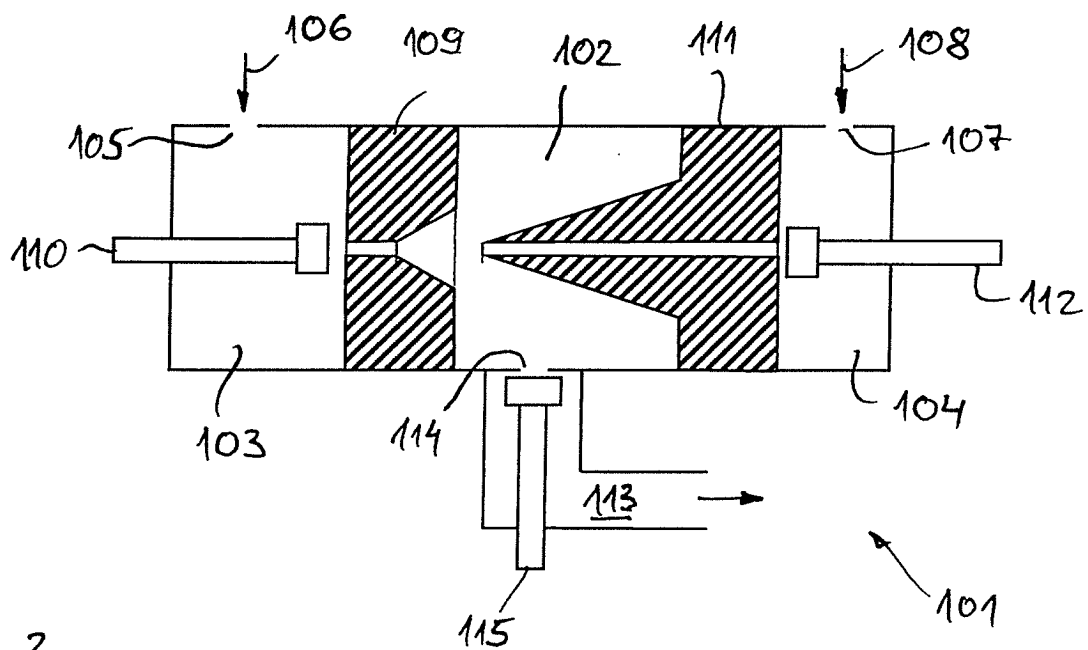


Fig.3

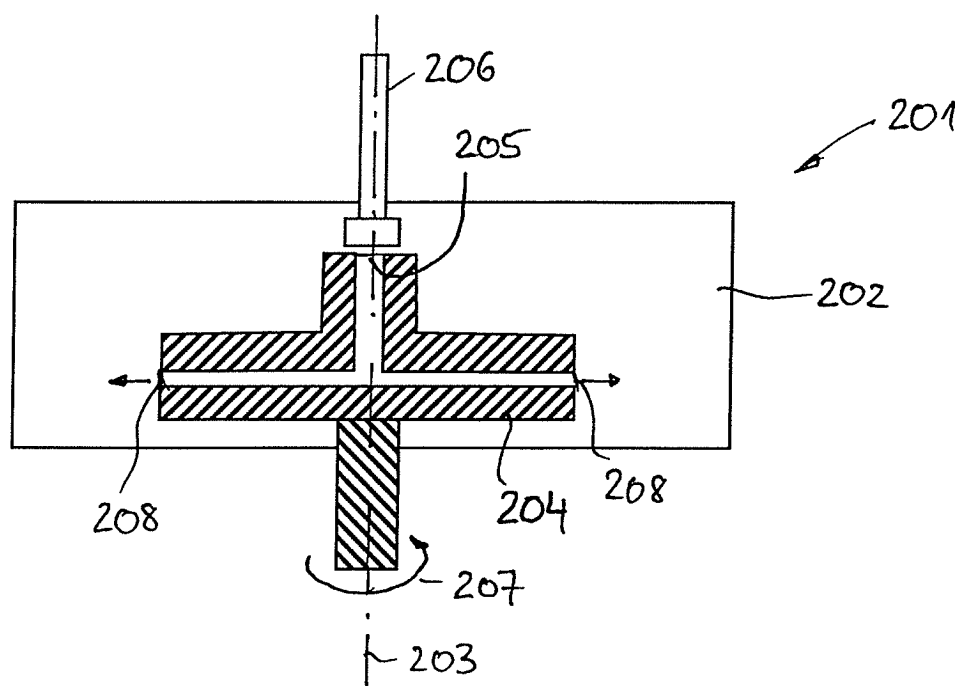


Fig.4